

## Geoprocésamiento en la Zonificación del Territorio de la Cuenca del Arroyo Cululú - Santa Fe - Argentina

C. Tonini, R. Tardivo, M. Gardiol, S. Graciani, O. Paulin, G. Cremona, A. Callegaris

Centro de Estudios Cartográficos y Fotointerpretación  
Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas - Universidad Nacional del Litoral  
Ciudad Universitaria - CC 495 - 3000 Santa Fe (Sta. Fe) - Argentina

TE: 54-42-571213 - FAX: 54-42-571143

✉ cjonini@fich.unl.edu.ar

<b>Conteúdo</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Objetivos</li> <li>2. Descripción del Area de Estudio</li> <li>3. Materiales y Metodología               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1 Elaboración de Información Básica</li> <li>3.2 Elaboración de Información Temática</li> <li>3.3 Implementación de Sig y Procesamiento de Información</li> </ol> </li> <li>4. Consideraciones Finales</li> <li>5. Referencias Bibliográficas</li> </ol>
-----------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

**Resumen:** El presente trabajo describe una propuesta metodológica para la zonificación del territorio, descripción de una problemática en ambiente de llanura y elaboración de un diagnóstico físico-ambiental conservacionista en la provincia de Santa Fe, República Argentina, aplicando tecnologías de geoprocésamiento que permitan la determinación del grado de deterioro y localización espacial de áreas rurales y urbanas afectadas por problemas de anegamientos, contaminación de cursos y erosión de suelos, con efectos negativos sobre la actividad agropecuaria y el nivel socio-económico de la población afectada.

Este estudio se enmarca dentro del Proyecto CAI-D "Geoprocésamiento y Automatización de Procesos Cartográficos Aplicados a Zonificación del Territorio" en desarrollo en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas de la Universidad Nacional del Litoral.

**Palabras claves:** Geoprocésamiento, Cartografía de riesgo.

**Abstract:** A methodology is proposed in this paper that involves the following objectives: the region zoning describing the problems at a plain environment like that of the Santa Fe province (Argentina), in order to perform a phisic-environmental preserving diagnostic. It is intended to apply geoprocessing technologies that enable to know the damage level and spatial location of rural and urban areas suffering flooding difficulties, pollution of water courses and soil erosion, with negative consequences on cultural activities and the social-economical level of the population.

This work is part of the project: "Geoprocessing and automation of cartographic processes applied to the region zoning", in developing at the College of Engineering an Water Sciences (FICH-UNL).

**Key words:** Geoprocessing, risk cartography.

### 1. Objetivos

Los objetivos del presente trabajo están orientados a la implementación de un Sistema de Información Geográfico en la Cuenca del Arroyo Cululú, afluente del Río Salado, ubicado en el centro de la provincia de Santa Fe, a partir de estudios de generación cartográfica de cartas en escala 1:20.000 con información del catastro geométrico parcelario rural disponible en bases analógicas, generación del modelo tridimensional del terreno y mapas temáticos elaborados a través de la interpretación visual de fotografías aéreas y procesamiento de imágenes orbitales del satélite Landsat TM y MSS e imágenes Spot pancromáticas para la georreferenciación y actualización cartográfica, con fines de integrar esta tecnología a los métodos tradicionales de estudios de cuencas hídricas y conocimientos de los sistemas naturales y antrópicos, con automatización de procesos cartográficos aplicado a la generación de mapas de riesgo, zonificación en función del uso y aptitud de las tierras, localización de fuentes de contaminación y áreas de erosión hídrica.

### 2. Descripción del Area de Estudio

La provincia de Santa Fe tiene una gran importancia en la estructura económica de la República Argentina ya que posee en la región centro-sur un ecosistema cuyos recursos naturales son potencialmente aptos para la producción ganadera y agrícola, lo que trae como consecuencia una gran actividad y desarrollo.

La cuenca del Arroyo Cululú abarca una superficie aproximada de 8.500 km<sup>2</sup> y comprende el extremo sur del Departamento San Cristóbal, la totalidad del centro-norte del Departamento Castellanos y del Departamento Las Colonias. La ubicación de la misma es el centro-oeste de la provincia de Santa Fe. La superficie total de la provincia es de 133.000 Km<sup>2</sup>, lo que implica que la cuenca representa aproximadamente un 6% de dicho total.

Los límites del área de estudio están comprendidos al norte por el paralelo de 30° 45' S; al oeste por la provincia de Córdoba; al sur por el paralelo 31° 30' S y al este se extiende hasta el Río Salado, enmarcando unas de las áreas de mayor potencial económico de la provincia de Santa Fe, según se puede observar en la Figura N° 1.

El arroyo Cululú es uno de los principales tributarios dentro de la provincia de Santa Fe, del Río Salado por su margen derecha, el cual a su vez es afluente del Río Paraná. La cuenca está surcada por una red de avenamiento uniformemente distribuida de 600 Km. de longitud, ampliada por una numerosa red de canales de drenaje tendientes al saneamiento hídrico de los sectores deprimidos.

En el aspecto climatológico, se puede apreciar que en los últimos veinte años la región ha experimentado, importantes variaciones en el régimen de precipitaciones, oscilando entre 700 y 1000 mm. anuales hasta 1970 con un incremento considerable a partir de esa fecha. Las temperaturas medias anuales superan los 22° C implicando inviernos suaves y predominan los vientos cálidos y húmedos por sobre los fríos que se presentan temporalmente, configurando un clima que se puede catalogar como sub-húmedo de llanura.

### 3. Materiales y Metodología

La recopilación de información existente constituyó la primer etapa del proyecto, disponible en organismos públicos y/o privados nacionales, provinciales y municipales; para la posterior actualización, georreferenciación, digitalización de la información cartográfica y generación de bases de datos alfanuméricas.

Dicha recopilación se obtuvo de los siguientes organismos: Instituto Geográfico Militar, Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Dirección Provincial de Vialidad, Dirección Provincial de Obras Hídricas, Servicio de Catastro e Información Territorial de la provincia, Dirección de Agricultura del Ministerio de Agricultura y Ganadería, grupos de investigación de las Facultades de Agronomía y Veterinaria, Facultad de Formación Docente, Facultad de Ingeniería y Ciencias Hídricas pertenecientes a la Universidad Nacional del Litoral, entre otros.

#### 3.1 Elaboración de Información Básica

Para la realización de la cartografía básica se adoptó como base la **información catastral** obtenida por métodos fotogramétricos en escala 1:20.000 correspondiente a un vuelo realizado en 1973, de la cual se extrajo la información vial, férrea, hidrográfica y edilicia, exigiendo un nivel de actualización por la dinámica producida en la región.

A partir de la información hidrográfica recopilada en escala 1:20.000 y 1:50.000 y de las cartas imágenes satelitarias disponibles en escala 1:50.000 del año 1994, se actualizó la **red hidrográfica** conformado por cursos, lagunas, cañadas, límites de inundación, canales, zanjas, alcantarillas y puentes.

En lo referente a la **infraestructura vial**, se verificó dicha información con cartografía en escala 1:200.000 y 1:500.000, jerarquizando las distintas rutas y caminos que atraviesan la cuenca.

Analizando la infraestructura se determinó que la ruta nacional N° 34 internacional es la vía de comunicación más importante que está orientada en sentido norte-sur uniendo centros urbanos importantes como Rafaela y Sunchales, de esta arteria se desprende hacia el norte la ruta provincial N° 13. En el sentido este-oeste se encuentran las rutas provinciales N° 70, al sur de la cuenca y la N° 17 que llega hasta la provincia de Córdoba.

Otras vías importantes son la ruta provincial N° 4 que se ubica en el extremo nor-este de la cuenca comunicándola con la ciudad de San Cristóbal entre otras y la ruta N° 10 cuyo tramo pavimentado surca la zona hacia el sur de la provincia.

Conjuntamente con la red vial se verificó la **red ferroviaria** existente observando el tendido de vías pertinentes a la líneas Belgrano y San Martín con un grado de utilización prácticamente nulo, visualizado en la Figura N° 2.

Efectuada la actualización de la cartografía básica se realizó el **georreferenciación** de la misma, para lo cual se identificaron puntos de control que posteriormente se midieron por equipamiento GPS. Dichos datos fueron procesados y transformados al sistema cartográfico Gauss-Kruger, lo cual permitió relacionarlos a la información temática recopilada.

Finalizada la actualización de la información básica se procederá por medio de una tabla digitalizadora a efectuar la correspondiente digitalización para la posterior edición en ambiente Cad.

### 3.2 Elaboración de Información Temática

Se analizó la información temática disponible, para definición de los estudios específicos a realizar en función de las coberturas de interés para la posterior zonificación territorial, para lo cual se elaboraron cartografías digitales georreferenciadas, editadas en ambiente Cad. Se analizaron imágenes Spot y Landsat disponibles conjuntamente con la interpretación de fotografías aéreas de diferentes escalas, determinando la distribución espacial en la cuenca de las áreas de la **cubierta vegetal**, agrupadas en vegetación natural con áreas boscosas, arbustivas y herbáceas, como así también las áreas con acción antrópica vinculadas a cultivos y forestaciones.

Se determinó la infraestructura relacionada al **uso de la tierra**, las zonas de agricultura, ganadería y asentamientos sociales e industriales. La actividad agropecuaria en los departamentos involucrados se centra especialmente en la producción lechera y en menor proporción en la cría y engorde de ganado vacuno. En la agricultura se presentan superficies sembradas principalmente con trigo, siguiendo en orden de importancia la soja y el sorgo.

Se analizó la cartografía recopilada en escala 1:50.000 Y 1:500.000 de **unidades de suelo** orientado a la determinación de los distintos niveles de productividad. Los suelos predominantes de la cuenca en estudio pertenecen al grupo de argiúdoles con rasgos de hidromorfismo, evidenciado por la presencia de hierro y manganeso. Estos suelos están medianamente provistos de materia orgánica y tienen poco nitrógeno. Presentan un horizonte B con altos contenidos de arcilla que impide el movimiento de agua entre las capas.

En las zonas planas del relieve los suelos también presentan un acentuado hidromorfismo, con la presencia de una napa de agua suspendida, suelo imperfectamente drenado, de permeabilidad lenta a moderada, medianamente provista de materia orgánica, suelo rico en potasio intercambiable y bien dotado de fósforo, pero poco disponible por las plantas.

Las características del **relieve** observadas en las cartas topográficas del Instituto Geográfico Militar en escala 1:50.000 y en estudios topográficos más detallados disponibles para distintos sectores de la cuenca, presentan una suave pendiente en sentido oeste-este.

Se incorporaron además las **redes de servicios públicos**, tales como redes de gas, de agua, cloacales, líneas de alta, media y baja tensión, en otros.

### 3.3 Implementación de Sig y Procesamiento de Información

La implementación de un sistema de información geográfico aplicado al estudio de la cuenca del Arroyo Cululú se orienta hacia la optimización de información disponible y a generar a los fines de facilitar la detección de problemas y viabilizar las distintas alternativas de solución a los mismos.

En este sentido se plantea la vinculación de información del Modelo Digital del Terreno con la red de drenaje interpretada a los fines de determinar la dinámica de escurrimiento por balance hídrico de celda por celda y transmisión de los excedentes a la celda vecina, bajo formato raster de Idrisi e Iltwis para la obtención automática de las redes de drenajes, delimitación de la cuenca hídrica y subcuencas del arroyo Cululú. En la Figura N° 3 se puede visualizar un sector de la cuenca en 3D con la red hidrográfica.

Se plantea además para una etapa posterior la definición en forma más detallada de los sectores en áreas rurales y urbanas con problemas de anegamiento, considerando la estimación de que 15 localidades con representación del 34% sobre el total padecen problemas de drenaje y 4.000 Km2 de superficie (44% del total) están afectadas por anegamientos superficiales asociados a los relieves plano-cóncavos que funcionan como cuencas cerradas o semi-cerradas.

A partir de la generación de bases de datos y superposición de distintas coberturas con información topográfica, de suelos, vegetación, uso de la tierra, permeabilidad, clima, contaminación (tipo de industria, punto y magnitud del volcamiento), actividad agrícola-ganadera, demografía, entre otros, se plantea el modelado cartográfico hacia la determinación de la erosión potencial del área de estudio, determinando distintos grados de degradación y determinación de los niveles de contaminación teniendo en cuenta el origen y tipo de la misma, principalmente en sectores industriales en asentamientos urbanos.

## 4. Consideraciones Finales

La automatización de procesos cartográficos aplicado a la generación de cartas de riesgo (pérdida de suelo, potencialidad, detección de puntos críticos, fuentes de contaminación, zonas inundables, etc.) orientado hacia la utilización de Sistemas de Información Geográfica, facilitan la definición en una forma eficiente y rápida de los sectores o regiones donde deben ser concentradas acciones de recuperación y preservación ambiental, hacia donde se han dirigido los objetivos el proyecto en desarrollo, considerando la necesidad de crear conciencia cartográfica orientada hacia la preservación del medio ambiente, teniendo en cuenta la transformación que se está produciendo en las instituciones de enseñanza y gubernamentales a nivel nacional, provincial y municipal.

## 5. Referencias Bibliográficas

**Bosque Sendra, J.:** *Sistemas de Información Geográfica*, Rial, Madrid, 1994.

**Chuvieco, E.:** *Fundamentos de la Teledetección Espacial*, Rial, Madrid, 1994.

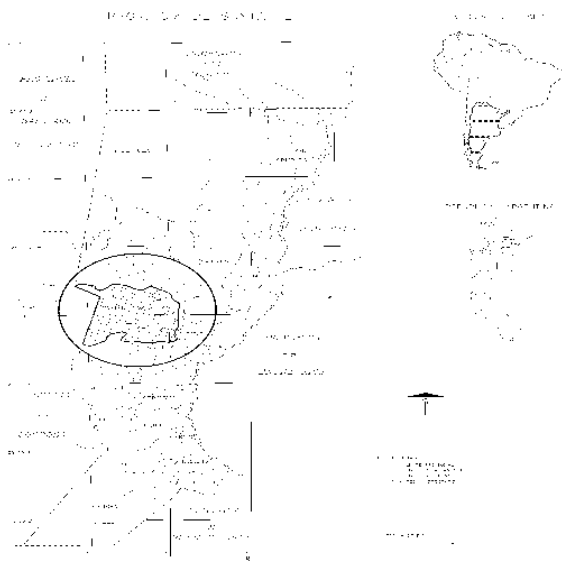
**Engman, E. T.; Gurney, R.J.:** *Remote Sensing in Hydrology*. Chapman and Hall. Cambridge. 1991.

**FICH - UNL - DPOH:** *Informe Preliminar: Evaluación técnica, económica ambiental y urbana a nivel de prefactibilidad del programa de obras propuestas por la provincia de Santa Fe para la cuenca del Arroyo Cululú*, Santa Fe, 1995.

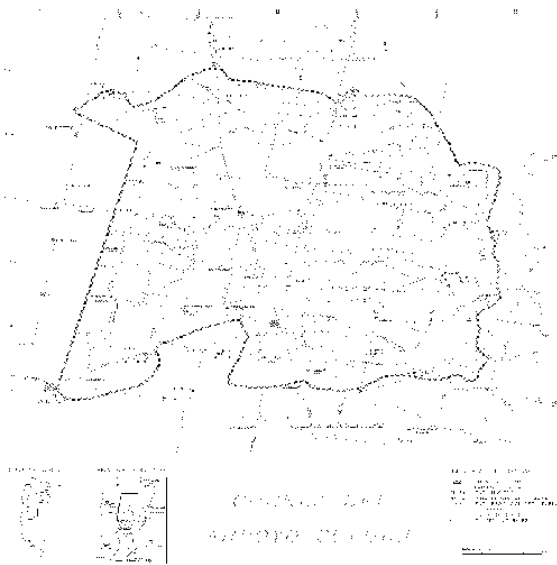
**FICH - UNL - DPOH :** *Préstamo de Protección Contra las Inundaciones: Canalización y obras de arte cuenca del Arroyo Cululú*, Santa Fe, 1995.

**Tardivo, R.; Gardiol, M.:** *Cartografía Digital y Percepción Remota Aplicada al Estudio de Cuencas Hídricas en la Provincia de Santa Fe*. Anais-GIS Brasil 96, II Congresso de Feira para Usuarios de Geoprocessamento, Factor GIS-SAGRES, Curitiba, Brasil, 1996.

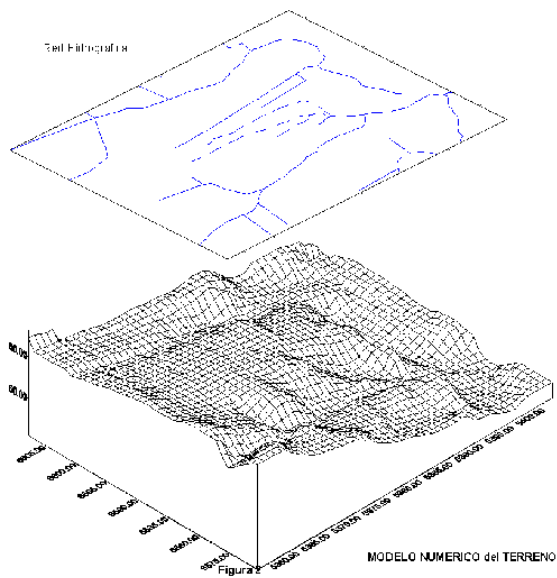
**Teotia, H.; Ulbricht, K.; Teotia, S.:** *Integracao de Sensoriamento Remoto e Sistema de Informacoes das Terras (SIT) na Reforma, Agraria e Cadastramento das Terras no Planejamento Rural* 2º Congresso Brasileiro de Cadastro Técnico - COBRAC, Florianópolis, Brasil, 1996.



**Fig. 1:** Ubicación general de la cuenca del arroyo cululú  
- [clicar na imagem para ampliar](#) -



**Fig. 2:** Información básica de la cuenca de estudio  
 - [clicar na imagen para ampliar](#) -



**Fig. 3:** Modelo numérico del terreno y red hidrográfica de un sector de la cuenca de estudio  
 - [clicar na imagen para ampliar](#) -

# PROVINCIA DE SA

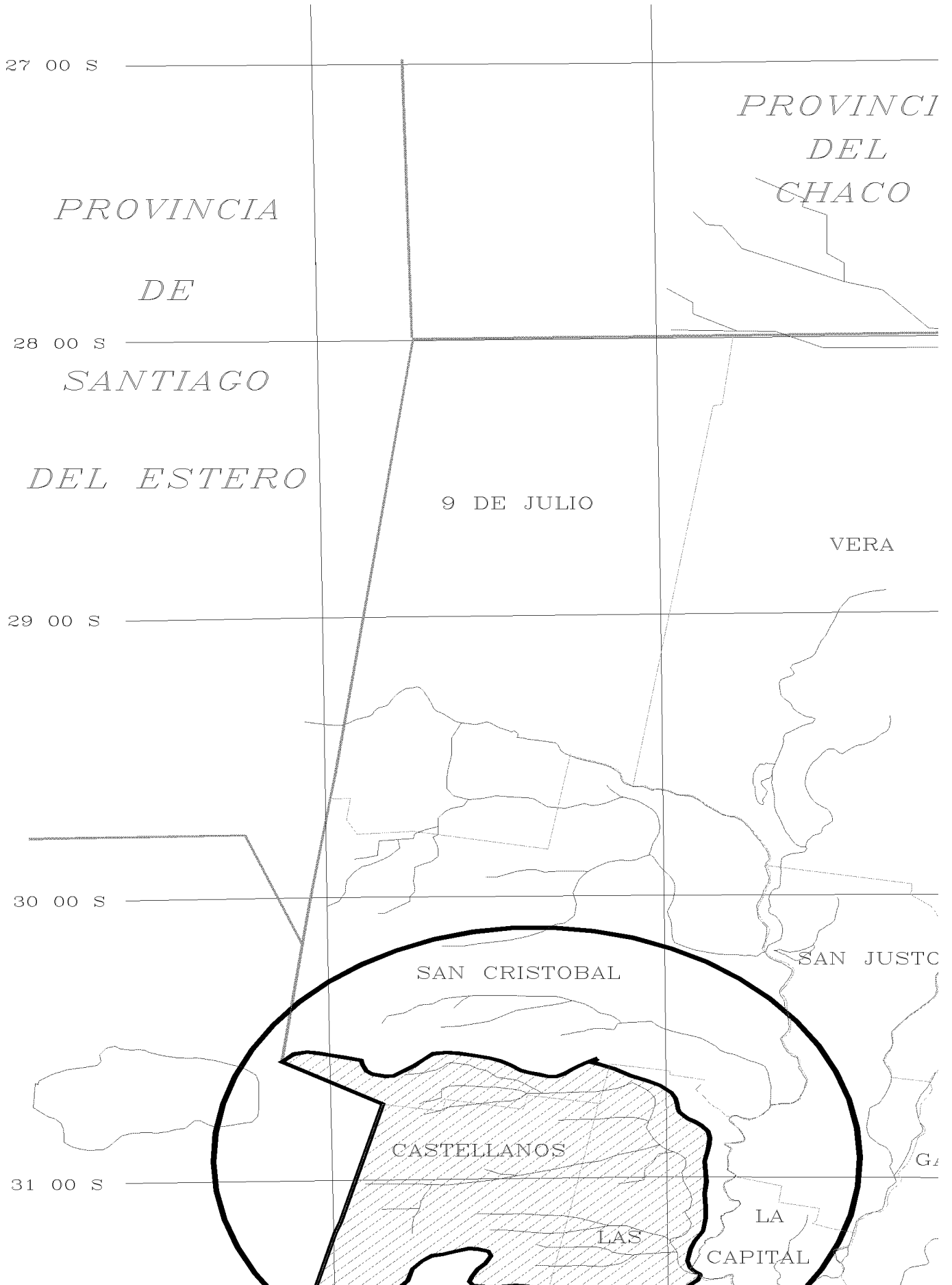
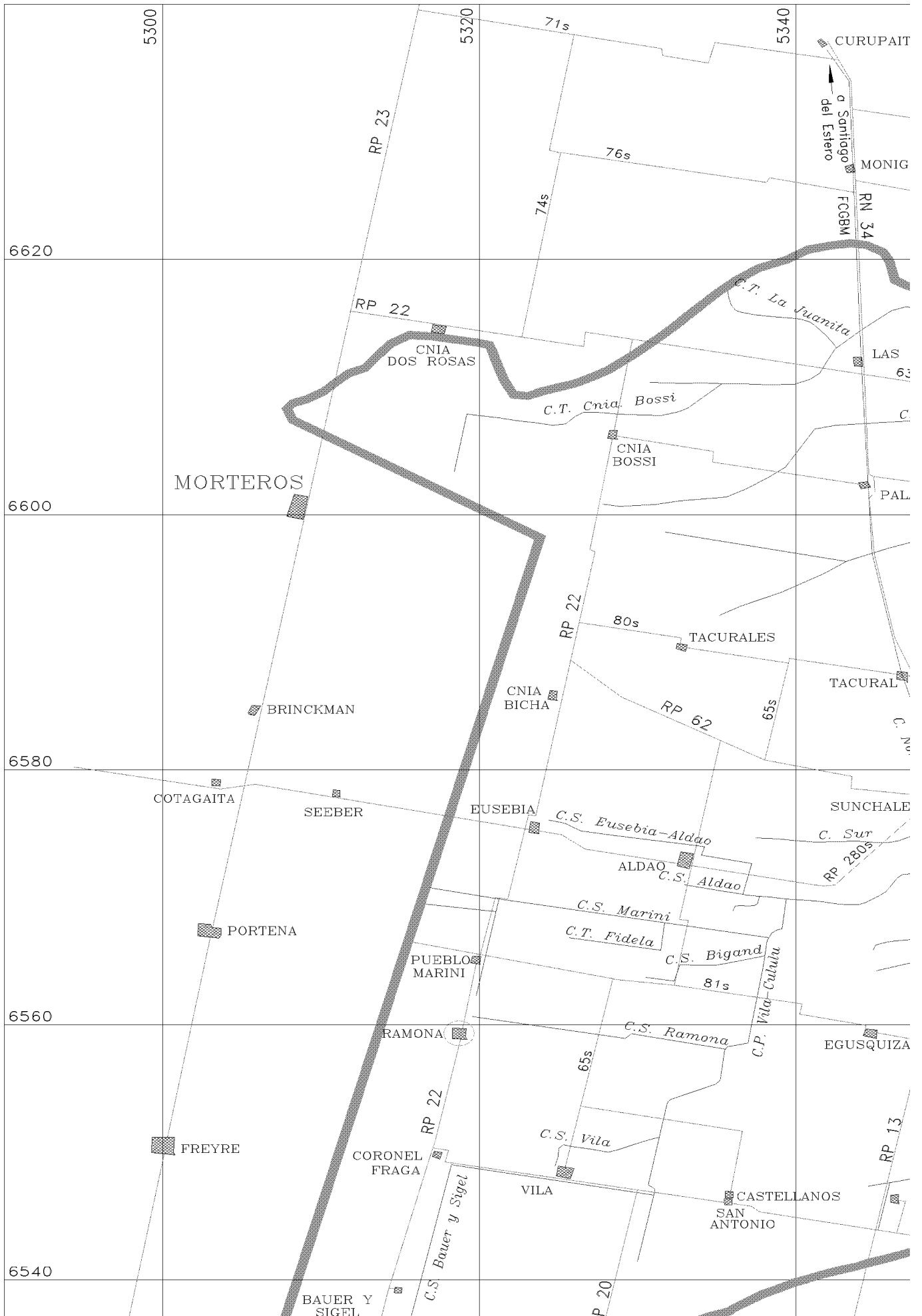


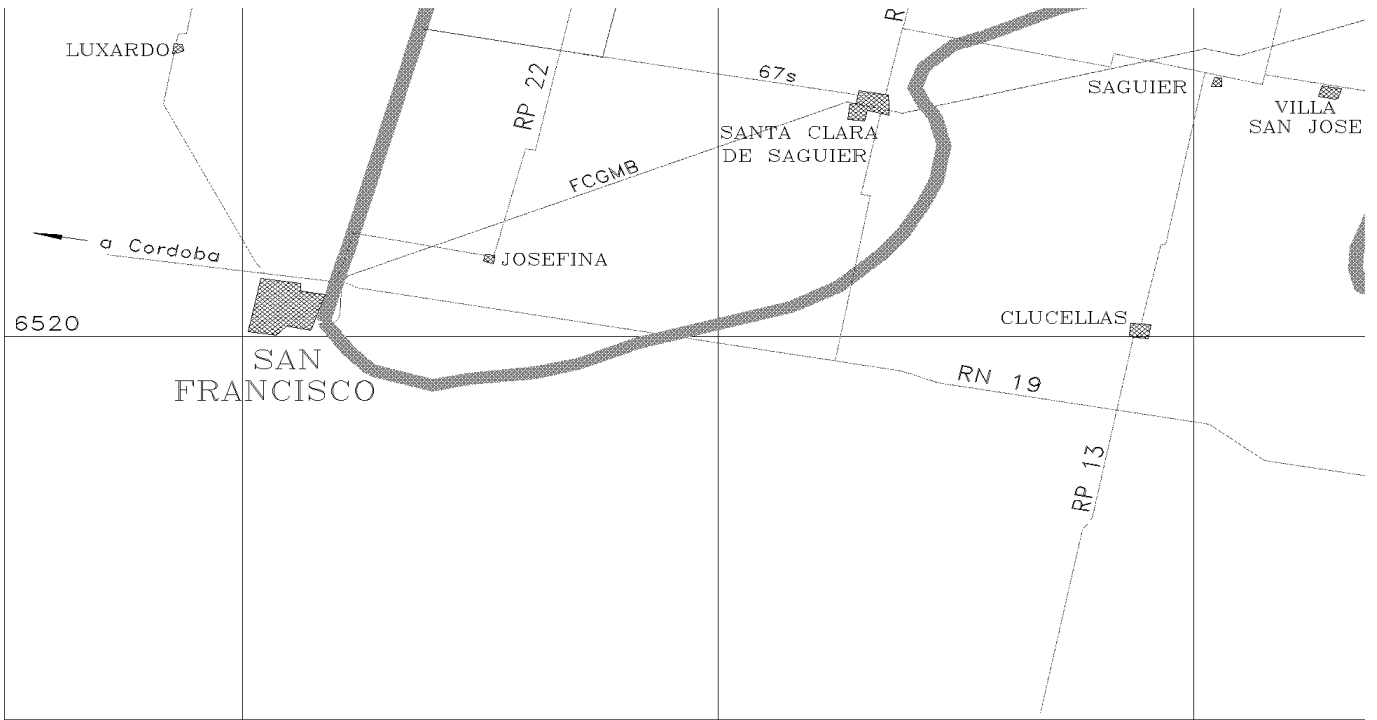


Fig. 1. Ubicación general de la cuenca del arroyo Cullú

Geoprocetamiento en la Zonificación del Territorio de la Cuenca del Arroyo Cululu - Santa Fe - Argentina

C. Tonini, R. Tardivo, M. Gardiol, S. Graciani, O. Paulin, G. Cremona, A. Callegaris





REPUBLICA ARGENTINA



PROVINCIA DE SANTA FE



AF

Fig. 2. Información básica de la cuenca de estudio

## Geoprociamiento en la Zonificación del Territorio de la Cuenca del Arroyo Cululú - Santa Fe - Argentina

C. Tonini, R. Tardivo, M. Gardiol, S. Graciani, O. Paulin, G. Cremona, A. Callegaris

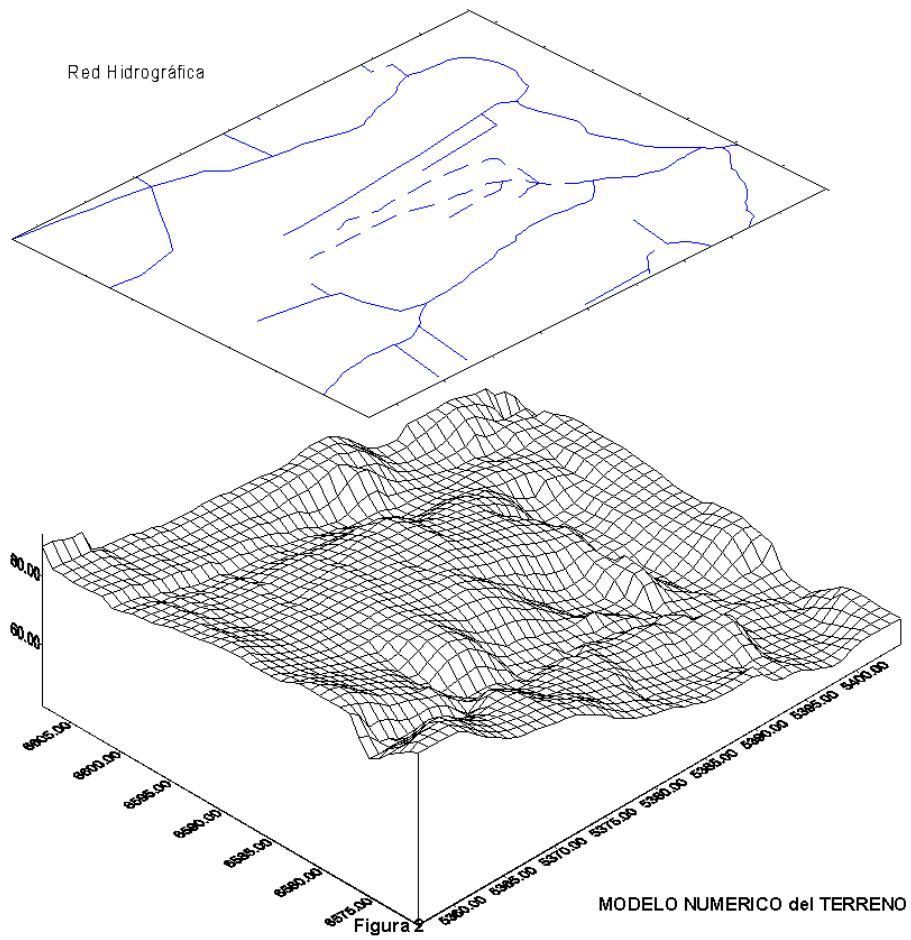


Fig. 3: Modelo numerico del terreno y red hidrografica de un sector de la cuenca de estudio